PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2003-158295

(43)Date of publication of application: 30.05.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00 C23C 16/34 C30B 29/38 H01L 21/205

(21)Application number: 2001-356801

(71)Applicant: SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing:

22.11.2001

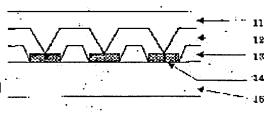
(72)Inventor: URASHIMA YASUHITO

(54) GaN-BASED SEMICONDUCTOR FILM, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME. SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaN-based semiconductor, and a method for manufacturing the same, equipped with a novel structure effectively usable for improvement on the luminescence property of semiconductor light emitting diodes using a GaN-based semiconductor.

SOLUTION: Use of crystal surfaces yet nonplanar in a GaN-based semiconductor film selective growth process for the irregular reflection of light improves light ejection efficiency. Non-flat boundaries are formed in between a 1st GaN- based semiconductor 13 and a 2nd GaN-based semiconductor 12, and in between the 2nd GaN-based semiconductor 12 and a 3rd GaN-based semiconductor 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国格群庁 (JP)

(12) 公開特許公報(4)

特開2003-158295 (11)特許出顧公開番号

(P2003-158295A)

平成15年5月30日(2003.5.30)

		(43)公開口	平成15年5月30日(2003.5.30)	2003. 5. 30)
数别記号	I FI		-17-7	デーヤコート・(参考)
	H01L	33/00	C 46	4G077
	C23C	16/34	4 K	4K030
	C30B	29/38	D 5F	5F041
	H01L	21/205	5 म	5F045

H01L 21/205 C30B 29/38

H01L 33/00 C23C 16/34

(51) Int Ct.

(全8月) o 審査請求 未請求 請求項の数20

特爾2001—356801(P2001—356801) (71)出脚人 000002004	昭和韓工株式会社 平成13年11月22日(2001.11.22) 東京都港区芝大門1丁目13番9 号	(72)発明者 浦島 泰人	の成果に係る特許 千葉県千葉市緑区大野台1丁目1番1号	技術総合開発機構 昭和電工株式会社総合研究所内	21世紀のあかり計 (74)代理人 100118740	杂胜研究、 莲菜话
(21) 出顧番号 特顯2001-356			(出頭人による中告) 国等の委託研究の成果に係る特許	出版 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構	「高効率電光変換化合物半導体開発(21世紀のあかり計	国) エネルギー使用合理化技術開発」委託研究、 莲菜话
E S	(22) 出版日		孟	围	掛	岱

品林買に競く

(54) 【発明の名称】 GaN系半導体薄膜、その製造方法、半導体発光素子

【課題】G a N系半導体を用いた半導体発光素子の発光 特性の改良に有効な新しい構造を有するGaN系半導体 障膜とその製造方法を提供する。 【解決手段】G a N系半導体薄膜の選択成長の過程にお いて存在する、結晶の表面が平坦化していない非平面状 の結晶面を利用して光を乱反射させることにより、光を 外部に取り出す効率を向上させる。 屈折率の異なる第1 のGaN系半導体と第2のGaN系半導体12の間、お よび第2のGaN系半導体と第3のGaN系半導体の間 に、平坦化していない界面を形成する。

3

12

12 13

[特許請求の範囲]

a N系半導体を第2のG a N系半導体上に成長させる第 3の工程とを具備することを特徴とするGaN系半導体 面が平坦化しない段階で、第1のGaN系半導体とは異 成長させる第1の工程と、該第1のGaN系半導体の表 a N系半導体の表面が平坦化しない段階で、さらに第2 1) が成長可能な基板の表面に、GaN系半導体の成長 が起こらない物質からなるマスクを付着させ、該マスク に適切な閒口部を設け、開口部からGaN系半導体導膜 a N系半導体上に成長させる第2の工程と、該第2のG -x-yN, (ii $L 0 \le x \le 1$, $0 \le y \le 1$, $0 \le x + y \le 1$ 屈折率n1を持った第1のGaN采半導体を開口部から なる屈折率n2を持つ第2のGaN系半導体を第1のG を成長させるGaN系半導体薄膜の製造方法において、 のGaN系半導体とは異なる屈折率n1を持つ第3のG [請求項1] GaN系半導体 (AlxGayIn 蒋暎の製造方法。

が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なる 1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴とする AlxGayIni-x-yN (@L, 0≤x≤1, 0≤y≤ 【請求項2】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 請求項1に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

20

が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状 1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること を特徴とする請求項1または2に記載のGaN系半導体 【請求項3】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 態の異なるA1xGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤ 群膜の製造方法。

30 【静永頃4】前記第2のGaN系半導体が、2種類以上 の組成の異なるA1xGayIn1-x-yN (但し、0≦x ≦1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層し た多層膜よりなることを特徴とする請求項1に記載のG aN系半導体薄膜の製造方法

[請求項5] 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN x ≦1、0 ≤y ≤1、0 ≤x + y ≤1) より構成される ことを特徴とする請求項1ないし4に記載のGaN系半 系半導体が、同じAlxGayIn1-x-yN (但し、0≦ 尊体薄膜の製造方法。

【請求項6】前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦 なGaN系半導体薄膜となることを特徴とする請求項1 ないし5に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

40

【請求項7】前記第3のGaN系半導体上に、表面の平 坦なG a N系半導体薄膜を成長させることを特徴とする 請求項1ないし6に記載のGaN系半導体薄膜の製造方

GaN、サファイア、SiC、ツリコンのうちの何れか 1種類であることを特徴とする請求項1ないし7に記載 【請求項8】前記GaN系半導体が成長可能な基板が、 のGaN系半導体薄膜の製造方法 【請求項9】前記マスクがSiNからなることを特徴と

20

8

特開2003-158295

する請求項1ないし8に記載のGaN系半導体薄膜の製

[請求項10] 基板上にマスクを付着させ、該マスクに 適切な関ロ部を設け、関ロ部からマスク表面を疑って成 長させたGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導 平坦化しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させ 第2のGaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面 が平坦化しない段階で第2のGaN系半導体上に成長さ のGaN系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が O第3のGaN系半導体とを具備することを特徴とする 体導膜が、関ロ部から成長させた屈折率n:を持つ第1 た、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2を持つ せた、第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n3を持 GaN系半導体薄膜。 01

【請求項11】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なる 1、0 ≤ x + y ≤ 1) より構成されることを特徴とする AlxGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤1、0≤y≤ 請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。 【請求項12】前記第1、第2、第3のGaN系半導体 が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状 を特徴とする請求項10または11に記載のGaN系半 1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること 飯の異なるA1xGay1n1-x-yN (但し、0≦x≦

x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層 [請求項13] 前記第2のGaN系半導体が、2種類以 した多層膜よりなることを特徴とする請求項10に記載 上の組成の異なるAlxGayIn1-x-yN (但し、0≦ のGaN系半導体薄膜。

≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)より構成され ることを特徴とする請求項10ないし13に記載のGa 【請求項14】前記第1のGaN系半導体と第3のGa N系半導体が、同じAlxGayIn1-x-yN(但し、0 N系半導体辞膜。

【請求項12】 前記第3のGaN系半導体が、表面の平 坦なG a N系半導体薄膜であることを特徴とする請求項

【請求項16】前記第3のGaN系半導体上に、表面の 平坦なG a N系半導体薄膜が形成されていることを特徴 とする請求項10ないし15に記載のGaN系半導体導 10ないし14に記載のGaN系半導体薄膜。

が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうちの何 れか1種類であることを特徴とする請求項10ないし1 【請求項17】前記GaN系半導体が成長可能な基板

【請求項18】前記マスクがSiNからなることを特徴 とする請求項10ないし17に記載のGaN系半導体薄 6に記載のGaN系半導体薄膜。

【請水項19】前記第3のGaN系半導体上に、p型お

よびn型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成 されていることを特徴とする請求項10ないし18に記 数のGaN系半導体薄膜。

【請水項20】請水項19に記載のGaN系半導体薄膜 を用いて作製した半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

半導体発光素子の発光特性の改良に有効な新しい構造を 漢とその製造方法に関し、特にGaN系半導体を用いた 【発明の属する技術分野】本発明は、GaN系半導体薄 有するGaN系半導体薄膜とその製造方法に関する。

半導体発光素子のような半導体素子を得るためには、不 の上にG a N系半導体薄膜を不整合の緩和をさせながら 整合基板であるサファイア基板やSiC基板を用い、そ は、結晶成長に適したGaN基板の入手が困難であり、 **【従来の技術】GaN系半導体(A 1xG ay 1 n1-x-)** N, $(\exists L 0 \le x \le 1, 0 \le y \le 1, 0 \le x + y \le 1)$ 成長させる必要がある。

【0003】このため、基板上に成長させたGaN系半 転位が生じていた。この多数の転移により、GaN系半 導体を用いた発光素子の茶子特性は悪影響を受ける。そ こで、GaN系発光素子の特性改良の為に、転位密度の 低いGaN系半導体薄膜を成長するための技術が要求さ 導体薄膜には、108~1010cm-2もの非常に多数の

マスクを付着させ、パターニングによりマスクに開口部 N系半導体薄膜の転位密度を低減することを可能とする 【0004】この転位密度を低減するための技術のひと 体の結晶成長が可能な基板上に、結晶成長が起こらない を設け、閉口部からGaN系半導体の結晶を成長させる 997))この方法は、マスク上では結晶の横方向成長 による低転位領域が得られることを利用して、転位密度 の高い結晶領域をマスクの閉口部上のみに制限し、Ga つに、選択成長による方法がある。これはGaN系半導 A. Sakai and A. Yamaguchi, J pn. J. Appl. Phys., 36, L899 (1 方法である。(A. Usui, H. Sunakawa,

40 【0005】また、一般に半導体発光素子は、表面が平 坦な基板の上に組成やキャリア濃度等の特性の異なる半 る。半導体発光素子の発光部は、通常、半導体薄膜のp で電流が光に変換される効率と、発光部で生じた発光を その発光出力を決定しているのは、主に素子内の発光部 尊体薄膜を複数成長させて、目的とする素子構造を得 n接合によって形成される。半導体発光素子において、 素子内部から外部に取り出す効率である。

20 【0006】発光素子の内部から外に光が取り出される 以内の角度で、光が茶子芸面に入射する必要がある。そ ためには、発光素子の表面で全反射が起こらない臨界角

せるには、発光素子内で光を乱反射させ、臨界角以内の こで発光素子内部から光を外部に取り出す効率を向上さ 角度で光が素子表面に入射する確率を増やしてやる必要

[0007]

はマスクの関ロ部上にのみGaN系半導体が成長し、そ 【発明が解決しようとする課題】前記の選択成長による GaN系半導体薄膜の製造方法では、結晶成長の初期に の後関ロ部上に成長したGaN系半導体を種結晶とし

形成の過程において必ず、結晶の表面が平坦ではない非 平面状の結晶面が現れる過程が存在する。しかし、従来 はこの平坦でない結晶面を有するGaN系半導体につい て、結晶の横方向成長が起きる。従って、半導体薄膜の て、特に関心を持たれていなかった。 01

【0008】本発明は、選択成長を用いたGaN系半導 GaN系半導体を用いた半導体発光素子の発光特性の改 良に有効な新しい構造を有するG a N系半導体薄膜とそ 本薄膜の製造の過程で、非平面状の結晶面を有するGa N系半導体が現れることに着目して為したものであり、 の製造方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】本発明は、

0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1)が成長可能 な基板の表面に、GaN系半導体の成長が起こらない物 の工程と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化しな を持つ第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上 第2のGaN系半導体上に成長させる第3の工程とを具 質からなるマスクを付着させ、該マスクに適切な閉口部 を設け、関ロ部からGaN系半導体薄膜を成長させるG に成長させる第2の工程と、該第2のGaN系半導体の 表面が平坦化しない段階で、さらに第2のG a N系半導 a N系半導体落膜の製造方法において、屈折率n1を持 った第1のGaN系半導体を開口部から成長させる第1 い段階で、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2 体とは異なる屈折率n3を持つ第3のGaN系半導体を (1) GaN系半導体 (AlxGayIn1-x-yN、但U 備することを特徴とするG a N系半導体薄膜の製造方

30

[0010]特に本発明は、

ay I n1-x-yN (/□L, 0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤ (2) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それ ぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の異なるAlxG x+y≤1)より構成されることを特徴とする上記

(1) に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

≤1、0≤x+y≤1)より構成されることを特徴とす る上記 (1) または (2) に記載のGaN系半導体薄膜 ぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状態の異な (3) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それ るAlxGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤1、0≤y

(4) 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成 $0 \le y \le 1$ 、 $0 \le x + y \le 1$)を周期的に積層した多層 膜よりなることを特徴とする上記 (1) に記載のGaN の異なるAlxGayIn1-x-yN (但し、0≦x≦1、 系半導体薄膜の製造方法。

(5) 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導 を特徴とする上記(1)ないし(4)に記載のGaN系 1、0≦y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること 体が、同じA1xGayIn1-x-,N(但し、0≤x≤ 半導体薄膜の製造方法。

N系半導体薄膜となることを特徴とする上記 (1) ない (6) 前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGa し(5)に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。 (1) 前記第3のGaN系半導体上に、表面の平坦なG (1)ないし (6)に記載のGaN系半導体薄膜の製造 a N系半導体薄膜を成長させることを特徴とする上記

類であることを特徴とする上記 (1) ないし (7) に記 N、サファイア、SiC、シリコンのうちの何れか1種 (8) 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、Ga 載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

20

(9) 前記マスクがSiNからなることを特徴とする上 記(1)ないし(8)に記載のGaN系半導体薄膜の製 造方法。である。

【0011】また本発明は、

N系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化 GaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面が平坦 のGaN系半導体とを具備することを特徴とするGaN たGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導体薄膜 しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させた、第 (10) 基板上にマスクを付着させ、該マスクに適切な 開口部を設け、開口部からマスク表面を覆って成長させ 1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2を持つ第2の 第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n3を持つ第3 が、国口部から成長させた屈折尋niを持つ第1のGa 化しない段階で第2のGaN系半導体上に成長させた、 系半導体薄膜。である。

[0012] 特に本発明は、

GayIni-x-yN (@L, 0≤x≤1, 0≤y≤1, 0 (11) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、そ れぞれ隣接するG a N系半導体とは組成の異なるA 1x ≤x+y≤1)より構成されることを特徴とする上記 (10) に記載のGaN系半導体薄膜。

(12) 前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、そ れぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピング状態の異 $y \le 1$ 、 $0 \le x + y \le 1$)より構成されることを特徴と する上記 (10) または (11) に記載のGaN系半導 なるA1xGayIn1-x-yN (但し、0≦x≦1、0≦

20 (13) 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組

€

特限2003-158295

成の異なるA1xGayIn1-x-yN (但し、0≤x≦

 0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層した 多層膜よりなることを特徴とする上記(10)に記載の GaN系半導体薄膜。

(14) 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半 1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること を特徴とする上記 (10) ないし (13) に記載のGa 導体が、同じA1xGayIn1-x-yN (但し、0≤x≦ N系半導体溶膜。 (15) 前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なG a N系半導体薄膜であることを特徴とする上記 (10) ないし (14) に記載のGaN系半導体薄膜。 (16) 前記第3のGaN系半導体上に、表面の平坦な GaN系半導体薄膜が形成されていることを特徴とする 上記(10)ないし(15)に記載のGaN系半導体導

N、サファイア、SiC、シリコンのうちの何れか1種 (17) 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、Ga 類であることを特徴とする上記 (10) ないし (16) に記載のGaN系半導体薄膜。

(18) 前記マスクがSiNからなることを特徴とする 上記 (10) ないし (17) に記載のGaN系半導体部

[0013] また本発明は、

(19) 前記第3のGaN系半導体上に、p型およびn 型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成されて いることを特徴とする上記 (10) ないし (18) に記 扱のGaN系半導体薄膜。

(20) 上記 (19) に記載のGaN系半導体薄膜を用 いて作製した半導体発光茶子。である。

[0014]

30

aN系半導体の成長が起こらない物質からなるマスクを 【発明の実施の形態】CaN系半導体溶膜の選択成長に おいては、GaN系半導体の成長が可能な基板の上にG 蒸着やスパッタ、CVD等の方法で付着させる。しかる 後にフォトリソグラフィーにより盟ロ部を適切な形状に パターニングし、周口部のマスクを部分的に除去する。 このように、基板上にマスクを形成した例を図4に示 す。図4はマスクを形成した基板の表面を示す平面図

り、42はマスクが除去され基板が露出した関口部であ で、斜線部で示す41はマスクが付着している部分であ る。図4の例では、マスクの閉口部42は、基板表面に 互いに平行な線状に形成してある。 40

【0015】続いて、上記の関ロ部に韓出した基板の上 のみ結晶が成長する。この関ロ部にのみ結晶が成長した 15は基板、14はマスク、31は表面が平坦化してい にGaN系半導体の結晶を成長させる。この場合、Ga N系半導体の成長初期には、マスクを除去した開口部に 段階での結晶の斯面形状を図3に示す。図3において、 ない非平面形状を有するGaN系半導体の結晶である。

+

9

特開2003-158295

この様にGaN系半導体溶膜の選択成長においては、表 面が平坦な薄膜が形成される途中で、結晶表面が平坦化 していない段階が必ず存在する。結晶はその後成長を続 けることによって隣接する関ロ部から成長した別の結晶 が合体し、最終的に表面が平坦なGaN系半導体薄膜が **成長することになる。**

択成長の過程において必ず存在する、結晶の表面が平坦 この非平面状の結晶面を利用して光を乱反射させること 【0016】本発明者は、このGaN系半導体薄膜の選 により、光を外部に取り出す効率を向上させ、GaN系 半導体を用いた半導体発光素子の発光特性を改良するこ 化していない非平面状の結晶面が現れる過程に着目し、 とに想到し、本発明を行った。

率n1を持つ第2のGaN系半導体、13は屈折率n1を 持つ第1のGaN系半導体、14はマスク、15は基板 【0017】本発明に係わるGaN系半導体薄膜の断面 構造の一例を示す図を図1に示す。図1において、11 は屈折率n3を持つ第3のGaN系半導体、12は屈折

【0018】図1に示すように、本発明のGaN系半導 体薄膜では、第1のGaN系半導体13と第2のGaN 系半導体12の間、および第2のGaN系半導体12と 第3のGaN系半導体11の間に、平坦化していない界 第2のGaN系半導体12、および第2のGaN系半導 ため、第1のGaN系半導体13と第2のGaN系半導 体12の界面、または第2のGaN系半導体12と第3 のGaN系半導体11の界面に入射した光はそれぞれの 面が形成される。ここで、第1のGaN系半導体13と 体12と第3のG a N系半導体11では屈折率が異なる 界面で乱反射を起こすことになる。

た、マスクを構成するGaN系半導体の成長が起こらな 開口部をエッチングにより作製するのに容易であり、か 【0019】本発明のGaN系半導体薄膜は、次の手順 で形成させる。まず、GaN系半導体が成長可能な基板 上に、GaN系半導体の成長が起こらない物質からなる 【0020】ここで、本発明で用いるGaN系半導体が C、シリコンが好ましい。例えば、GaN層を表面に形 成したサファイアを基板として用いることができる。ま い物質としては、SiNが好ましい。マスクの厚さは、 マスクを付着させ、該マスクに適切な開口部を設ける。 つ熱応力に伴う過剰なストレスを生じさせないために、 成長可能な基板としては、GaN、サファイア、Si

【0021】マスクは、蒸着やスパッタ、CVD等の方 **法で基板に付着させることが出来る。またマスクの閉口** 部は、フォトリソグラフィーにより開口部を適切な形状 にパターニングし、関ロ部のマスクをエッチング等の方 法により部分的に除去することにより形成することがで 0. 01μm~1μm程度とするのが好ましい。

20 【0022】開口部の形状は、幅1~10μm程度で基

り、隣接した関ロ部から成長したGaN系半導体結晶同 土を合体させて、平坦な表面を有するGaN系半導体薄 この線状の開口部を設ける場合、同じ形状の開口部を1 板の大きさに対応する長さの線状とすることができる。 ~50μmの間隔でマスクに平行に配置することによ **阪を製造することができる。**

間隔で分散配置させても、隣接した閉口部から成長した 【0023】或いは、閉口部の形状を直径が5~50μ m程度の円とし、該開口部をマスクに5~100μmの GaN系半導体結晶同士を合体させて、平坦な表面を有 するG a N系半導体溶膜を製造することもできる。 10

N系半導体の表面が平坦化する前の非平面形状を有する 持つ第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上に のGaN系半導体を成長させる。そして、該第1のGa 段階で、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n2を 【0024】次に、開口部から屈折率n1を持った第1

前の非平面形状を有する段階とは、隣接する閉口部から 成長した結晶同士が合体する前であっても良いし、一部 と表面が平坦な薄膜となる。例えば、マスクに間隔を6 μmとして線状の関ロ部を形成した場合、およそ6μm 程度の厚さの結晶を成長させるとほぼ表面が平坦な薄膜 【0025】第1のGaN系半導体の表面が平坦化する は、隣接する閉口部の間隔とおよそ同程度の厚さになる となる。従って本発明においては、表面が平坦化するま での適当な段階で、第1のGaN系半導体の成長を中止 **合体した後でも良い。一般に選択成長で形成した結晶** し、その上に第2のG a N系半導体を成長させる。

20

することにより、第1のGaN系半導体と第2のGaN ることになる。屈折率n1と屈折率n1との大小関係やそ 【0026】ここで、第1のGaN系半導体の屈折率n 1と第2のGaN系半導体の屈折率n1とを異なるものに 系半導体の界面で光の反射や屈折が生じ、光が乱反射す の値の差は、任意に違ぶことが出来る。ここで屈折率n と屈折率 n2との差が大きいほど光の反射率が高いため 好ましい。

【0027】さらに本発明においては、第2のGaN系 N系半導体を第2のGaN系半導体上に成長させる条件 半導体の表面が平坦化しない段階で、第2のGaN系半 体を第2のGaN系半導体上に成長させる。第3のGa は、第2のGaN系半導体を第1のGaN系半導体上に 導体とは異なった屈折率n3を持つ第3のGaN系半導 成長させる条件と同様とする。

40

【0028】第3のCaN系半導体を第2のGaN系半 尊体上に成長させることにより、第2のG a N系半導体 と第3のGaN系半導体の界面でも光の乱反射が生じる 【0029】本発明では、上記の第1、第2、第3のG ことになり、光を外部に取り出す効率が向上する。

1 N系半導体が、それぞれ隣接するG a N系半導体とは

組成の異なるAlxGayIn1-x-yN (但し、0≤x≤

1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成されること のGaN系半導体を、それぞれ隣接するGaN系半導体 N系半導体の屈折率は変化するため、第1、第2、第3 x≦1、0≦y≤1、0≦x+y≤1) より構成するこ とにより、屈折率の異なるGaN系半導体の順次積層す とは組成の異なるAlxGayIn1-x-yN (但し、0≦ が好ましい。A1xGay1n1-x-yNの組成によりGa ることができる。

N系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはド [0030]また本発明では、第1、第2、第3のGa ーピング状態の異なるAlxGayInt-x-yN (但し、

[0036]

を設定して、屈折率の異なるG a N系半導体の組み合わ 0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1) より構成さ グ状態を制御することにより、G a N系半導体の屈折率 れるのが好ましい。AlrGay Int-r-,Nのドーピン せを構成することができる。 【0031】第1、第2、第3のGaN系半導体間の屈 1xGay Int-x-y Nの組み合わせで実現することも可能 である。もちろん、異なるドーピング状態で異なる組成 折率の益は、異なる組成のAlrGavIn1-x-vNの組み 合わせの他に、同じ組成でも異なるドーピング状態のA のA 1xGay I n1-x-yNの組み合わせから、第1、第 2、第3のGaN系半導体を構成しても良い。 【0032】また本発明においては、前記第2のGaN R反射膜)から構成すると、光の乱反射が生じやすくな 系半導体を、2種類以上の組成の異なるA1xGayIn ≤1)を周期的に積層した多層膜から構成することがで きる。例えば、第2のGaN系半導体層を、各々の厚さ が発光波長の四分の一に相当する2種類の組成の異なる AlxGay Int-x-y Nを交互に積層した多層膜(DB 1-x-yN (@L, $0 \le x \le 1$, $0 \le y \le 1$, $0 \le x + y$ り発光を外部に取り出す効率が向上する。

(@L, 0 \le x \le 1, 0 \le y \le 1, 0 \le x+y \le 1) \updownarrow り構成されていても良い。本発明は、屈折率の異なる2 種類のGaN系半導体を交互に形成する構成とすること が出来る。その場合、第3のGaN系半導体の上にさら 【0033】また本発明では、第1のGaN系半導体と 第3のGaN系半導体が、同じAlxGay Int-x-yN に1以上のGaN系半導体を成長させても良い。

【0034】本発明では、隣接する開口部から成長した GaN系半導体を、第3のGaN系半導体を成長する際 に合体させて、安面の平坦なG a N系半導体薄膜を構成 さらに1以上のGaN系半導体を成長させ、そのGaN 系半導体を成長する際に合体させて、表面の平坦なGa N系半導体薄膜を構成しても良い。本発明では、最低限 3つのGaN系半導体を順次成長させて、光を乱反射す る2つの界面を作ることにより、光を外部に取り出す効 することができる。また、第3のGaN系半導体の上に

【0035】本発明では、第3のGaN系半導体上に、

表面の平坦なG a N系半導体薄膜を形成させることが出 来る。例えば、第3のGaN系半導体上に、表面の平坦 n接合を形成することが出来る。そして、このpn接合 を発光部として用いることにより、本発明のGaN系半 半導体発光素子の p n 接合の界面は、平坦である方が結 尊体薄膜から半導体発光素子を作製することが出来る。 なp型およびn型のGaN系半導体薄膜を成長させ、 晶欠陥の導入される可能性が少ないため好ましい。

N層を1. 6 μ m 成長させたサファイアのウェハーを基 [0037] (実施例1) 本実施例1では、表面にGa 板として用いた。まず、ウェハー上のGaN層の表面 に、プラズマCVDにより窒化シリコン (SiN)を 【実施例】以下本発明を、実施例を用いて説明する。

【0038】続いて堆積させたSiNマスクの表面にレ ジストを塗布し、通常のフォトリソグラフィーの方法を の閉口符のパターンは、幅4μmのストリート状の閉口 部と幅4μmのストリート状のマスクが残存する部分と レジストを剥離した後、ウェハーをフッ酸(HF):水 Nを除去した。その後SiNマスク表面のレジストを除 去して、4 mmのストリート状にGaN層が韓出した関 口部とマスクが4μmのストリート状に残った領域とが 周期状に隣り合って形成されたウェハーを得た。作製し 用いて、マスクの協口部のパターンを形成した。マスク =1:9のエッチング液でエッチングし、踞口部のSi たウェハーの開口部とマスクの形状は、図4に示したも が交互に並ぶ1次元の周期的な形状とした。 開口部上の のと同様である。

【0039】上記のウェハー上へのGaN系半導体の成 長は、有機金属気相成長法 (MOCVD法) によって行 ンモニアを用い、1111族原料には有機金属であるトリ た。また、n型不純物のドーピング原料としてはモノシ ラン、
p型不純物のドーピング原料としてはビスシクロ ペンタジエニルマグネシウムを用いた。キャリアガスと った。本実施例1のMOCVD法では、V族原料にはア (TMA)、トリメチルインジウム(TMI)を用い メチルガリウム (TMG)、トリメチルアルミニウム しては水茶及び窒茶を用いた。 30

【0040】MOCVD法に用いる成長装置のリアクタ **一に、上記のウェハーをセットした。そしてリアクター** を真空でパージした後、キャリアガスとアンモニアを流 しながらリアクターの温度を成長温度である1140℃ に昇温した。なお以下の工程では、キャリアガスとアン モニアはリアクターに常時供給しておいた。リアクター の温度が1140℃に並したところで、第1の工程とし てリアクター内にTMGを130umo1/minの浜 量で60分間導入した。この第1の工程では、GaN層 が韓田したストリート上の間口部に、図3に示したもの と同様に上辺4μm、底辺6μm、高さ2μmの台形状 20

6

参照2003-158295

の断面を持つGaN結晶が成長した。但し、隣り合う開 ロ部から成長したGaN結晶同士は合体していなかっ

の工程でのGaN結晶の成長により、隣接する関ロ部か mol/minの流量でTMGと一緒に15分間リアク ターに供給し、上記のGaN結晶上にAlo.1Gao.8N 結晶を0.2μm成長させた。さらに引き続き第3の工 程で、TMGだけをリアクターに供給して、再度GaN 結晶をA 10.2G a 0.8N結晶上に成長させた。この第3 ら成長したGaN結晶同士の合体と結晶表面の平坦化を 達成した。この表面が平坦化したGaN結晶からなる半 【0041】続く第2の工程では、TMAを32.5 μ 尊体膵膜の層厚は、6 μmであった。

【0042】上記の第3の工程が終了した後、TMGと 同時にモノシランを1nmo1/minの流量でリアク ターに供給し、上記のGaNからなる半導体導膜の上に n型GaN層を5μm成長させた。n型GaN層のキャ リア激度は4×1018cm-3であった。

せ、多重量子井戸 (MQW) 構造よりなる発光部を成長 【0043】次にリアクターの温度を800℃に低下さ させた。MQW構造は、GaNからなる7nmの障壁層 とInGaNからなる3nmの井戸層との組み合わせを 5ペア積層して形成し、発光波長が470nmとなるよ うに組成等の条件を設定した。なお、MQW構造の成長 の時には、リアクターにモノシランの供給は行わなかっ

30 リアクターに供給することによって、MQW構造の上に 温し、TMG或いはTMAと同時にビスシクロペンタジ エニルマグネシウムを0.2μmol/minの流量で m、さらにその上にp型のGaN層を0.1μm成長さ 【0044】続いてリアクターの温度を1060℃に昇 Mgをドープしたp型のA lo.1G ao.oN隔を0.1 μ

40 て、そこにTi/Auよりなるn型電極を形成した。そ 【0045】以上の操作で製造したウェハーを成長装置 のリアクターから取り出した後、p型のGaN層の表面 にNi/Auよりなる透光性電極とボンディング電極を 層、p型のA 10.1G a 0.9N層およびMQW構造をドラ イエッチングによって除去し、n型GaN層を露出させ の後、スクライバーによりウェハーを切断し、半導体発 作製した。さらに、ウェハーの一部分でp型のGaN 光素子を製造した。

層、24はp型A10.1Ga0.8N層、25は多重量子井 【0046】以上の操作により製造した半導体発光素子 の断面構造を、図2に示す。図2において、21はボン 戸構造よりなる発光部、26はn型GaN層、27はn 型電極、28は第3の工程で成長したGaN結晶、29 は第2の工程で成長したA10.2Ga0.8N結晶、30は ディング電極、2.2は透光性電極、2.3はp型GaN

第1の工程で成長したGaN結晶、14はマスク、15

【0047】この様にして作製した半導体発光素子の特

性は、類度の平均が3~4Cdであった。

わず、第1の工程で成長したGaN結晶の上に直接第3 の工程のA 10.1G ao.8Nの成長を行わず、その他は実 C d であった。本比較例1で作製した半導体発光素子の 輝度が、実施例1で作製した半導体発光素子の輝度より 低い原因は、第2の工程のA 10.2G ao.8Nの成長を行 の工程でGaN結晶を成長したため、屈折率の異なる半 導体の界面が形成されず、発光素子内で光の乱反射が生 [0048] (比較例1) 比較のため、実施例1で第2 本比較例1で作製した半導体発光素子の輝度の平均が2 **歯例1と同じにして、半導体発光紫子の作数を行った。** じなかったためだと考えられる。

10

[0049]

【発明の効果】本発明によれば、非平面状の結晶面を利 用して光を乱反射させることにより、光を外部に取り出 す効率を向上させ、GaN系半導体を用いた半導体発光 **素子の輝度を向上させることが出来る。**

【図面の簡単な説明】

20

【図1】本発明に係るG a N系半導体溶膜の断面構造の -例を示す図

【図2】本発明の実施例1に係る半導体発光素子の断面 **溝造を示す図** 【図3】開口部にのみ結晶が成長した段階でのGaN系

半導体結晶の断面形状を示す図

【図4】マスクを形成した基板の表面を示す平面図

11 屈折率n3を持つ第3のGaN系半導体 [符号の説明]

屈折率n2を持つ第2のGaN系半導体 12

13 屈折率n1を持つ第1のGaN系半導体

771 4

15 基板

ボンディング電極 2 1

透光性電極 2 2

p型CaN層 23

p型A 10.1G a0.9N隘 24

n型GaN層 26

多重量子井戸構造よりなる発光部

2 5

27

第3の工程で成長したGaN結晶 2 8

第2の工程で成長したA10.2Ga0.8N結晶 2 9

第1の工程で成長したGaN結晶 30

表面が平坦化していない非平面形状を有するG a N系半導体結晶

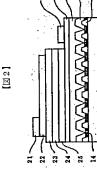
41 マスクが付着している部分

路口部

-7-

8

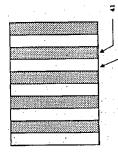
[国 1



23

[<u>x</u> 4]

[⊠3]



42

フロントページの続き

IK030 AA11 BA38 BB12 CA05 FA10 5F041 CA05 CA33 CA34 CA40 CA46 F ターム(参考) 46077 AA03 BE11 BE15 DB06 ED06 EF01 EF05 HA02 TB05 TF01 CA65 CA74 CA82 CA88 CA92 JA06 LA11

5F045 AA04 AB14 AB17 AB18 AC08 AC12 AC19 CA10 DA52 DA55 DA64 DB02 EE17 JP 2003-158295 A5 2005.7.7

. .

:

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載【部門区分】第7部門第2区分 【発行日】平成17年7月7日(2005.7.7)

公開番号】特開2003-158295(P2003-158295A)

【公開日】 平成15年5月30日 (2003.5.30)

【出顯番号】特顯2001-356801(P2001-356801)

[国際特許分類第7版]

33/00 16/34 H 0 1 L C 2 3 C

29/38 C 3 0 B

21/205 H 0 1 L

[F I]

33/00 H 0 1 L

S

16/34 29/38 C 2 3 C 3 0 B S

H 0 1 L

Д

21/205

[手続補正書]

[提出日] 平成16年11月10日(2004.11.10)

[手続補正1]

《補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

[補正方法] 変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】 [請水項1]

1) が成長可能な基板の表面に、GaN系半導体の成長が超こらない物質からなるマスク GaN系半導体 (A1,Ga,In1-x-,N、但し0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤

るGaN系半導体薄膜の製造方法において、屈折率n,を持った第1のGaN系半導体を開口部から成長させる第1の工程と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦化しない段階 a N系半導体上に成長させる第2の工程と、該第2のGaN系半導体の表面が平坦化しな を付着させ、抜マスクに適切な田口部を設け、田口部からGaN系半導体薄膜を成長させ 体を第2のGaN系半導体上に成長させる第3の工程とを具備することを特徴とするGa で、第1のGaN系半導体とは異なる屈折率n₂を持つ第2のGaN系半導体を第1のG で、さらに第2のGaN系半導体とは異なる屈折率ngを持つ第3のGaN系半導 N系半導体薄膜の製造方法。

[請求項2]

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の 異なるA1,Ga,In,-,-,N (但し、0≦x≦1、0≦y≦1、0≦x+y≦1) より 構成されることを特徴とする請求項1に記載のGaN系半導体游膜の製造力法。

[請求項3]

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピ ≤1)より構成されることを特徴とする請求項1または2に記載のGaN系半導体薄膜の 酸の異なるA1,Ga,1ヵ,-,・,N(但し、0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y

 $0 \le x \le 1$ 、 $0 \le y \le 1$ 、 $0 \le x + y \le 1$)を周期的に積層した多層膜よりなることを 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成の異なるA1,Ga,In,-,-,N(但L

特徴とする請求項1に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。

し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤×+y≤1)より構成されることを特徴とする請求項 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導体が、同じA1,Ga,In1---,N 1ないし4<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄版の製造方法。 「請求項 5 】

[請水項 6]

前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGaN系半導体薄膜となることを特徴とす 請求項1ないし5の何れか1項に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法

[請求項7]

40 前記GaN系半導体が成長可能な基板が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうの何れか1種類であることを特徴とする請求項1ないし7<u>の何れか1項</u>に記載のGaN 前記第3のGaN系半導体上に、安面の平坦なGaN系半導体薄膜を成長させること 徴とする請求項1ないし6<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜の製造方法。 [請求項8]

【請求項9】

半導体薄膜の製造方法。

前記マスクがSiNからなることを特徴とする請求項1ないし8の何れか1項に記載のG a N 系半導体薄膜の製造方法。

[請求項10]

って成長させたGaN系半導体薄膜において、該GaN系半導体薄膜が、開口部から成長 化しない段階で第1のGaN系半導体上に成長させた、第1のGaN系半導体とは異なる **基板上にマスクを付着させ、該マスクに適切な開口部を設け、開口部からマスク 装面を覆** 段階で第2のGaN系半導体上に成長させた、第2のGaN系半導体とは異なる屈折率n 屈折率n₂を持つ第2のGaN系半導体と、第2のGaN系半導体の表面が平坦化しない させた屈折率n,を持つ第1のGaN系半導体と、該第1のGaN系半導体の表面が平坦 を持つ第3のGaN系半導体とを具備することを特徴とするGaN系半導体薄膜。

[請求項11]

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とは組成の 異なるA1,Ga,In╷-1-,N (但し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤×+y≤1)より 構成されることを特徴とする請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項12]

前記第1、第2、第3のGaN系半導体が、それぞれ隣接するGaN系半導体とはドーピ ≤1)より構成されることを特徴とする請求項10または11に記載のGaN系半導体薄 ング状態の異なるA1,Ga,In,---,N(但し、 $0 \le x \le 1$ 、 $0 \le y \le 1$ 、 $0 \le x + y$

【請求項13】

、0≤x≤1、0≤y≤1、0≤x+y≤1)を周期的に積層した多層膜よりなることを 前記第2のGaN系半導体が、2種類以上の組成の異なるA1,Ga,1n,-,-,N(坦 特徴とする請求項10に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項14]

し、0≤×≤1、0≤y≤1、0≤×+y≤1)より構成されることを特徴とする請求項 前記第1のGaN系半導体と第3のGaN系半導体が、同じA1,Ga,In₁₋₋₋,N(但 10ないし13の何れか1項に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項15]

前記第3のGaN系半導体が、表面の平坦なGaN系半導体薄膜であることを特徴とする 請求項10ないし14<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜。 【請求項16】

前記第3のGaN系半導体上に、表面の平坦なGaN系半導体薄膜が形成されていること を特徴とする請求項10ないし15<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体游版

【請求項17】

記GaN系半導体が成長可能な基板が、GaN、サファイア、SiC、シリコンのうち

の何れか1種類であることを特徴とする請求項10ないし16<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系半導体薄膜。

[請求項18]

前記マスクがSiNからなることを特徴とする請求項10ないし17<u>の何れか1項</u>に記載 のGaN系半導体薄膜。 【請求項19】

前記第3のGaN系半導体上に、p型およびn型のGaN系半導体薄膜からなるpn接合が形成されていることを特徴とする請求項10ないし18<u>の何れか1項</u>に記載のGaN系 半導体薄膜。

【請求項20】

許求項19に記載のGaN系半導体薄膜を用いて作製した半導体発光素子。